

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際

541308

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 7 月 29 日 (29.07.2004)

PCT

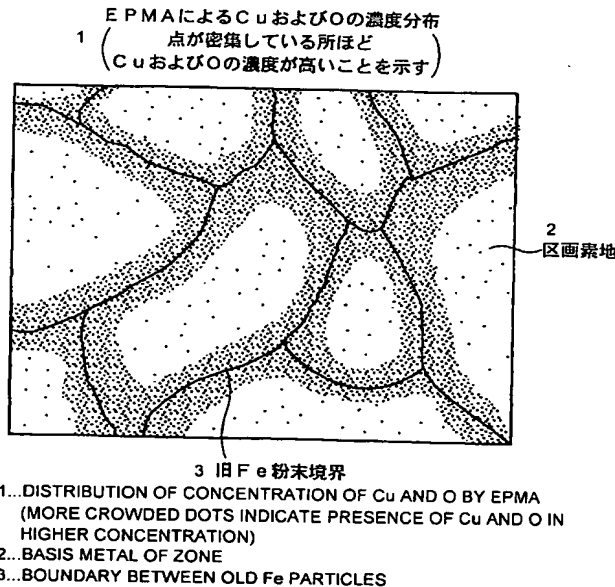
(10) 国際公開番号  
WO 2004/063409 A1

- (51) 国際特許分類: C22C 33/02, 9/00, 9/04, 38/00, B22F 1/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013379
- (22) 国際出願日: 2003 年 10 月 20 日 (20.10.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2003-1662 2003 年 1 月 8 日 (08.01.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8117 東京都千代田区大手町一丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川瀬 欣也 (KAWASE, Kinya) [JP/JP]; 〒950-8640 新潟県新潟市小金町 3-1-1 三菱マテリアル株式会社 新潟製作所内 Niigata (JP). 石井 義成 (ISHII, Yoshinari) [JP/JP]; 〒950-8640 新潟県新潟市小金町 3-1-1 三菱マテリアル株式会社 新潟製作所内 Niigata (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒104-8453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: IRON BASE SINTERED ALLOY, IRON BASE SINTERED ALLOY MEMBER, METHOD FOR PRODUCTION THEREOF, AND OIL PUMP ROTOR

(54) 発明の名称: 鉄基焼結合金、鉄基焼結合金部材、それらの製造方法、およびオイルポンプローター



(57) Abstract: A method for producing an iron base sintered alloy member having the chemical composition: Cu: 0.5 to 7 %, C: 0.1 to 0.98 %, O: 0.02 to 0.3 %, optionally Mn: 0.0025 to 1.05 % and/or Zn: 0.001 to 0.7 %, and Fe and inevitable impurities: the balanced amount, which comprises compounding and mixing a Fe powder, a graphite powder and a Cu alloy powder as raw material powders, molding the resulting mixture, and sintering the molded article, wherein the Cu alloy powder comprises 1 to 10 % of Fe and 0.2 to 1 % of oxygen, optionally contains 0.2 to 10 % of Zn and/or 0.5 to 15 % of Mn, and comprises the balanced amount of Cu and inevitable impurities.

(57) 要約: 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、必要に応じてMn:0.0025~1.05%および/またはZn:0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を

[続葉有]

WO 2004/063409 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO,  
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

鉄基焼結合金、鉄基焼結合金部材、それらの製造方法、  
およびオイルポンプローター

## 技術分野

本発明は、寸法精度、強度および摺動性に優れた鉄基焼結合金、鉄基焼結合金部材、それらの製造方法、並びに鉄基焼結合金製オイルポンプローターに関する。

## 背景技術

近年、鉄基焼結合金部材の製造方法が進歩し、寸法精度、強度および摺動性に優れた鉄基焼結合金部材によって、オイルポンプローターなどの各種機械部品を精度良く大量に生産できるようになってきた。

この種の鉄基焼結合金部材の製造方法の一例として、Fe粉末、Cu粉末および黒鉛粉末からなる混合粉末に、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化ケイ素、酸化バナジウム、酸化クロム粉末などの酸化物粉末を0.01～0.20%添加した混合粉末をプレス成形し、焼結して寸法精度、強度および摺動性に優れた鉄基焼結合金部材を製造する方法が提供されている（特開平6-41609号公報参照）。

このような鉄基焼結合金部材は、Fe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたCuおよびCを含有するFe基合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有し、金属酸化物粒子は、この組織中に散在する気孔の内面および旧Fe粉末境界に沿って分散している。

しかし、前記従来の方法で製造した鉄基焼結合金部材は、寸法精度はある程度改善されるものの十分ではなく、さらに強度に関しても未だ十分ではないところから、一段と優れた寸法精度、強度および摺動性に優れた鉄基焼結合金部材の製造方法が求められていた。特に、摺動機械部品、例えばオイルポンプローターなどの素材としては満足のいくものではなかった。

## 発明の開示

本発明の第1の態様は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することにより、質量%で（以下、%は質量%を示す）Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末は、Fe：1～10%、酸素：0.2～1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Mn：0.5～15%のうちの1種または2種を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Zn：0.001～0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%およびZn：0.001～0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合

金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%、Mn:0.5~15%のうちの1種または2種を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Zn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%、Zn:0.2~10%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様の他の例は、原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%およびZn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1

種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%、Zn:0.2~10%およびMn:0.5~15%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

本発明の第1の態様は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、質量%で(以下、%は質量%を示す)、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Zn:0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%およびZn:0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、

Mn : 0.0025~1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu : 0.5~7%、C : 0.1~0.98%、酸素 : 0.02~0.3%、Zn : 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第2の態様の他の例は、鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu : 0.5~7%、C : 0.1~0.98%、酸素 : 0.02~0.3%、Mn : 0.0025~1.05%およびZn : 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

本発明の第3の態様は、鉄基焼結合金であって、質量%でCu : 0.5~10%、C : 0.1~0.98%、酸素 : 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成、並びに原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有し、前記旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地は、旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度が区画素地中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように傾斜した濃度分布を有する。

#### 図面の簡単な説明

図1は、EPMAによって観察した、本発明に係る鉄基焼結合金の組織中の区画素地におけるCuおよびOの濃度分布を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

## 第1態様

本発明者らは、寸法精度、強度および摺動性に優れた鉄基焼結合金部材を製造するために研究を行った結果、以下の知見を得た。

(a) Fe粉末、黒鉛粉末およびCu粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することにより鉄基焼結合金部材を製造する従来の方法では、Fe粉末、黒鉛粉末およびCu粉末から成る混合粉末を焼結すると、焼結中にまずCu粉末が溶解してCu液相となる。このCu液相はFeに対して濡れ性が良いためにFe粉末境界に浸透し、Fe粉末同士の結合を分断させる。そのために焼結体の強度を低下させると共に焼結体を膨張させ、寸法精度の低下をもたらす。

(b) 焼結体の強度を低下させることなく寸法精度を向上させるためには、原料粉末として、Cu粉末に代えてFe：1～10%、酸素：0.2～1%を含むCu合金粉末を使用し、Fe粉末、黒鉛粉末および前記Cu合金粉末を混合し、成形し、焼結する。すると、Cu液相とFe粉末の濡れ性が悪化し、CuのFe粉末境界への浸透が抑制されるために焼結体の膨張が抑制されて寸法精度が向上し、さらにFe粉末同士の結合強度を低下させることがない。また、酸素を金属酸化物として添加するよりもCu合金粉末に固溶させた状態で添加すると、鉄基焼結合金部材組織の高Cu濃度部に酸素が濃化して摺動性が向上する。したがって、この方法で得られたCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材は、寸法精度、強度および摺動性が共に優れる。

(c) 原料粉末として用いるCu合金粉末が、Fe：1～10%、酸素：0.2～1%の他にさらにMn：0.5～15%を含むCu合金粉末であると、MnはCu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができ、焼結中に生じるCu液相の酸素濃度を高めて一層Fe粒子間へのCu液相の浸透を阻害する。これにより、Cu液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上する。鉄基焼結合金部材組織のCu濃度の高い部分の酸素濃度を高めて摺動性を向上させる。

(d) 原料粉末として用いるCu合金粉末が、Fe：1～10%、酸素：0.2～1%の他にさらにZn：0.2～10%を含むCu合金粉末であると、Znは、



Cu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができるとともにCu液相よりも低温でFe中に拡散し、Fe中のZnはCu液相とFe粒との濡れ性を悪化させる。よって、Cu液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上し、Cu液相のFe粉末分断による強度低下を防止するとともに、摺動性を改善して耐焼付性を向上する。

本発明の第1態様の鉄基焼結合金部材の製造方法は、例えば以下の構成を有する。

(A1) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、前記Cu合金粉末として、Fe:1~10%、酸素:0.2~1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成の粉末を使用する。

(A2) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末として、Fe:1~10%、酸素:0.2~1%、Mn:0.5~15%のうちの1種または2種を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を使用する。

(A3) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Zn:0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末として、Fe:1~10%、酸素:0.2~1%、Zn:0.2~10%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を使用する。

(A4) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:

0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%およびZn:0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末として、Fe:1~10%、酸素:0.2~1%、Zn:0.2~10%およびMn:0.5~15%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を使用する。

AlおよびSi成分はCu合金粉末の酸素濃度を高める作用があるので、AlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有したCu合金粉末を原料粉末として使用し、このCu合金粉末をFe粉末および黒鉛粉末とともに配合し、混合し、成形し、焼結してもよい。この場合、以下4種のいずれかの鉄基焼結合金部材が得られる。

Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材。

Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材。

Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Zn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材。

Cu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%およびZn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材。

したがって、第1態様には、以下の方法も含まれる。

(A5) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、

成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末である鉄基焼結合金部材の製造方法、

(A6) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%、Mn:0.5~15%のうちの1種または2種を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末である鉄基焼結合金部材の製造方法、

(A7) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Zn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末はFe:1~10%、酸素:0.2~1%、Zn:0.2~10%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末である鉄基焼結合金部材の製造方法、

(A8) 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu:0.5~7%、C:0.1~0.98%、酸素:0.02~0.3%、Mn:0.0025~1.05%およびZn:0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.

0.01～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法において、前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

次に、この第1態様の鉄基焼結合金部材の製造方法で使用する原料粉末としてのCu合金粉末の成分組成を前述のごとく限定した理由を説明する。

Cu合金粉末に含まれるFe：

Fe：1～10%含有するCu合金粉末を原料粉末として用いることにより、Cu粉末よりもFe粉末に対する濡れ性を悪化させてCu液相による焼結体の膨張を抑制し、もって焼結体の寸法精度を一層向上させる成分であるが、その含有量が1%未満では所望の効果が得られず、一方、10%を超えて含有すると、圧粉成形時の圧縮性が低下するので好ましくない。したがって、Cu合金粉末に含まれるFeは1～10%に定めた。

Cu合金粉末に含まれる酸素：

Cu合金粉末に含まれる酸素は、高Cu濃度部における酸素を濃化させ、寸法精度、強度および摺動性を向上させるが、その含有量が0.2%未満では高Cu濃度部における酸素を十分に濃化させることができず、一方、1%を越えて含有させると、焼結して得られた鉄基焼結合金部材の強度が低下するようになるので好ましくない。したがって、Cu合金粉末に含まれる酸素量を0.2～1%に定めた。

Cu合金粉末に含まれるMn：

MnはCu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができ、焼結中に生じるCu液相の酸素濃度を高めて一層Fe粒子間へのCu液相の浸透を阻害し、Cu液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上し、鉄基焼結合金部材組織のCu濃度の高い部分の酸素濃度を高めて摺動性を向上させる作用を有するが、その含有量が0.5%未満では所望の効果が得られず、一方、15%を越えて含有すると鉄基焼結合金部材に含まれるMn含有量が1.05%を越え、靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、Cu合金

粉末に含まれるMnは0.5～15%に定めた。

Cu合金粉末に含まれるZn：

Znは、Cu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができるとともにCu液相よりも低温でFe中に拡散し、Fe中のZnはCu液相とFe粒との濡れ製を悪化させるために、Cu液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上し、Cu液相のFe粉末分断による強度低下を防止するとともに、摺動性を改善して耐焼付性を向上する作用を有するが、その含有量が0.2%未満であると、鉄基焼結合金部材に含まれるZn含有量が0.001%未満となって少なくなりすぎるので所望の効果が得られず、一方、10%を越えて含有すると鉄基焼結合金部材に含まれるZn含有量が0.7%を越え、靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、Cu合金粉末に含まれるZnは0.2～10%に定めた。

Cu合金粉末に含まれるAl，Si：

Al，SiはCu合金粉末の酸素濃度を高める効果があるために、必要に応じて添加するが、AlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01%未満含有しても鉄基焼結合金部材に含まれるAl，Siの含有量が0.001%未満となって所望の効果が得られず、一方、AlおよびSiのうちの1種または2種を合計で2%を越えて含有すると、鉄基焼結合金部材に含まれるAl，Siの含有量が0.14%を越えるようになってかえって強度が低下するので好ましくない。したがって、Cu合金粉末に含まれるAl，Siは0.01～2%に定めた。

第1態様の鉄基焼結合金部材を製造する方法は、原料粉末として前記(A1)～(A8)に記載の成分組成を有するCu合金粉末を用意し、さらにFe粉末および黒鉛粉末を用意し、これら原料粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアマイドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結することにより製造してもよい。この時の焼結温度は1100～1260℃が一層好ましい。

## 第2態様

本発明の第2態様に係るオイルポンプローターは、上記の鉄基焼結合金部材を利用したものであって、以下の構成を特徴としている。

(B1) Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

(B2) Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

(B3) Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Zn: 0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

(B4) Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05%およびZn: 0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

前記(B1)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアマイドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度: 1090~1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記(B2)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%、Mn: 0.5~15%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアマイドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度: 1090~1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記(B3)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛

粉末、並びにFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記（B4）記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結することにより製造することができる。

さらに、AlおよびSi成分はCu合金粉末の酸素濃度を高める作用があるので、AlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有したCu合金粉末を原料粉末として使用し、このCu合金粉末をFe粉末および黒鉛粉末とともに配合し、混合し、成形し、焼結することにより鉄基焼結合金製オイルポンプローターを製造してもよい。

この場合、以下のオイルポンプローターが得られる。

（B5）Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

（B6）Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

（B7）Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、

Zn: 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

(B8) Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05%およびZn: 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている鉄基焼結合金製オイルポンプローター。

前記(B5)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度: 1090~1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記(B6)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%、Mn: 0.5~15%のうちの1種または2種を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度: 1090~1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記(B7)記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%、Zn: 0.2~10%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01~2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミド



とともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記（B8）記載のオイルポンプローターは、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアミドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結することにより製造することができる。

前記（B1）～（B8）記載の成分組成を有する鉄基焼結合金製オイルポンプローターを構成する鉄基焼結合金の組織では、原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたFeを主成分としかつCuおよびOを含有する区画素地が集合して素地を形成し、この区画素地は、旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度が区画素地中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように濃度分布していることが、EPMA（電子プローブX線微量分析）により確認された。図1はEPMAによる本発明の鉄基焼結合金製オイルポンプローターの区画素地におけるCuおよびOの濃度分布図である。点の密集している部分がCuおよびOの濃度が高いことを示す。図1によると、旧Fe粉末境界により区画されたFeを主成分としCuおよびOを含有する区画素地が集合して素地を形成し、旧Fe粉末境界近傍のCuおよびOの濃度が区画素地中央部のCuおよびOの濃度よりも大きくなるように分布していることがわかる。したがって、Feを主成分としCuおよびOを含有する前記（B1）～（B8）記載の成分組成を有する鉄基焼結合金からなるオイルポンプローターの組織は、従来のような旧Fe粉末境界に沿って金属酸化物粒子が分散している組織とは相違する。

次に、本発明の鉄基焼結合金製オイルポンプローターを構成する鉄基焼結合金の成分組成を前述のごとく限定した理由を説明する。

Cu :

Cuは、Fe粉末の焼結性を向上させ、得られる焼結体の寸法精度を向上させる成分であるが、鉄基焼結合金に含まれるCu含有量が0.5%未満では所望の効果が得られず、一方、7%を超えて含有すると、強度が低下するので好ましくない。したがって、Cu含有量は0.5~7%に定めた。

C :

Cは、鉄基焼結合金の強度および摺動性を向上させる成分であるが、その含有量が0.1%未満では所望の効果が得られず、一方、0.98%を越えて含有させると、焼結して得られた鉄基焼結合金の摺動性および靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、C量を0.1~0.98%に定めた。

酸素 :

素地中素地の周辺部の高Cu濃度部における酸素を濃化させた鉄基焼結合金は、寸法精度、強度および摺動性を共に一層向上させるが、その含有量が0.02%未満では高Cu濃度部における酸素を十分に濃化させることができず、一方、0.3%を越えて含有させると、焼結して得られた鉄基焼結合金の強度が低下するようになるので好ましくない。したがって、鉄基焼結合金中に含まれる酸素量を0.02~0.3%に定めた。この場合、酸素は金属酸化物粒子として分散していると相手攻撃性が増すので高Cu濃度部に固溶していることが必要である。

Mn :

MnはCu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができ、焼結中に生じるCu合金液相の酸素濃度を高めて一層Fe粒子間へのCu合金液相の浸透を阻害し、Cu合金液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上し、鉄基焼結合金組織のCu濃度の高い部分の酸素濃度を高めて摺動性を向上させる作用を有するが、その含有量が0.0025%未満では所望の効果が得られず、一方、1.05%を越えて含有すると鉄基焼結合金の靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、鉄基焼結合金に含まれるMn量はMn : 0.0025~1.05%に定めた。

Zn :

Znは、Cu合金粉末に含まれる酸素濃度を高めに維持することができると

もにCu液相よりも低温でFe中に拡散し、Fe中のZnはCu合金液相とFe粒との濡れ性を悪化させるために、Cu合金液相による焼結体の膨張が抑制されて焼結体の寸法精度がさらに向上し、Cu合金液相のFe粉末分断による強度低下を防止するとともに、摺動性を改善して耐焼付性を向上する作用を有するが、鉄基焼結合金に含まれるZn含有量が0.001未満では所望の効果が得られず、一方、鉄基焼結合金に含まれるZn含有量が0.7%を越えると、靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、鉄基焼結合金に含まれるZnは0.001～0.7%に定めた。

Al, Si:

Al, SiはCu合金粉末の酸素濃度を高める効果があるために、必要に応じて添加するが、AlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001%未満含有しても所望の効果が得られず、一方、鉄基焼結合金に含まれるAl, Siの含有量が0.14%を越えるようになると、かえって強度が低下するので好ましくない。したがって、鉄基焼結合金に含まれるAl, Siの含有量は0.001～0.14%に定めた。

### 第3態様

また、本発明者らは実験により以下の知見を得た。

(a) Fe粉末、黒鉛粉末、Cu粉末および金属酸化物粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することにより得られた従来の鉄基焼結合金は、Fe粉末、黒鉛粉末、Cu粉末および金属酸化物粉末から成る混合粉末を焼結するために、焼結中にまずCu粉末が溶解してCu液相となる。このCu液相はFeに対して濡れ性が良いためにFe粉末境界に浸透し、Fe粉末同士の結合を分断させ、そのために焼結体の強度を低下させると共に焼結体を膨張させ、ひいては寸法精度の低下をもたらすとともに、添加した金属酸化物粉末を気孔の内面および旧Fe粉末境界に沿って凝集させるので摩擦係数が大きくなり、摺動特性が劣化する、

(b) このような従来鉄基焼結合金の問題点を解決するためには、原料粉末として、Cu粉末に代えてFe: 1～10%、酸素: 0.2～1%を含むCu合金粉末を使用し、Fe粉末に黒鉛粉末および前記Fe: 1～10%、酸素: 0.2～

1%を含むCu合金粉末を添加し、得られた混合粉末を成形し焼結する。すると、焼結中に生成したCu合金液相はFe粉末との濡れ性が悪いために、Cu合金液相のFe粉末境界への浸透が抑制され、そのために焼結体の膨張が抑制されて寸法精度が向上し、さらにFe粉末同士の結合強度を低下させることがない。また、酸素をCu合金粉末に固溶させた状態で添加するとところから鉄基焼結合金組織の高Cu濃度部分に酸素が濃化した組織が生成され、このような組織は従来の金属酸化物粒子が分散する組織に比べて摩擦係数を格段に小さくして摺動特性を向上させる。したがって、この方法で得られたCu: 0.5~10%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金は、寸法精度、強度および摺動特性が共に一層優れる。

(c) 原料粉末として、Fe: 1~10%、酸素: 0.2~1%を含むCu合金粉末を使用して作製した鉄基焼結合金は、原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基金合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有する。この旧Fe粉末境界により区画された区画素地は、Cは区画素地に均一に固溶しているが、CuおよびOの濃度は区画素地の旧Fe粉末境界近傍で大きく、区画素地の中央部で薄くなるように傾斜した濃度分布を有している。

本発明の第3態様は、前記の研究結果に基づいてなされ、以下の構成を有する。

(C1) 質量%でCu: 0.5~10%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成、並びに原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基金合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有する鉄基焼結合金であって、前記旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基金合金からなる区画素地は、旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度が区画素地の中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように濃度分布している鉄基焼結合金。

本発明の第3態様の鉄基焼結合金は、強度向上を目的としてさらにN, Mo, Mn, Cr, Zn, Sn, P, Siのうちの1種以上を含んでもよい。

本発明の第3態様の鉄基焼結合金は、焼結時間を調整することにより、前記旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地は、CuおよびOの濃度が旧Fe粉末境界において最大であり、CuおよびOの濃度は区画素地中央に向かって減少し、区画素地の中央において最小となるように傾斜した濃度分布を有していることがあり、このような組織を有することが一層好ましい。

したがって、本発明はさらに以下の構成を含む。

(C2) 質量%でCu: 0.5~10%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成、並びに、原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有する鉄基焼結合金であって、この旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地は、CuおよびOの濃度が旧Fe粉末境界において最大であり、CuおよびOの濃度は区画素地中央に向かって減少し、区画素地中央において最小となるように傾斜した濃度分布を有している鉄基焼結合金。

前記(C1)および(C2)記載のCu: 0.5~10%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金は、原料粉末としてFe粉末、黒鉛粉末、並びにFe: 1~10%、酸素: 0.2~1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を所定量配合し、さらに潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末またはエチレスビスアマイドとともにダブルコーンミキサーで混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度: 1090~1300℃で焼結することにより製造することができる。

本発明の第3態様の鉄基焼結合金の組織は、原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたFeを主成分とし、かつCuおよびOを含有する区画素地の集合体からなる組織を有する。旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度は、区画素地の中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように濃度分布している。このことは、EPMA（電子プローブ

X線微量分析)により確認されている。

図1はEPM Aによる本発明の鉄基焼結合金組織の旧Fe粉末境界により区画された区画素地におけるCuおよびOの濃度分布図である。点の密集している部分がCuおよびOの濃度が高いことを示す。図1によると、旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地が集合して組織を形成し、旧Fe粉末境界近傍のCuおよびOの濃度は区画素地の中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように傾斜して分布していることがわかる。したがって、Feを主成分としCuおよびOを含有する前記(C1)～(C2)記載の成分組成を有する本発明の第3態様の鉄基焼結合金の組織は、従来のような旧Fe粉末境界に沿って金属酸化物粒子が分散している組織とは相違する。

次に、本発明の第3態様の鉄基焼結合金の成分組成を前述のごとく限定した理由を説明する。

Cu :

Cuは、Fe粉末の焼結性を向上させ、得られる焼結体の寸法精度を向上させる成分であるが、鉄基焼結合金に含まれるCu含有量が0.5%未満では所望の効果が得られず、一方、10%を超えて含有すると、強度が低下するので好ましくない。したがって、Cu含有量は0.5～10%に定めた。

C :

Cは、鉄基焼結合金の強度および摺動特性を向上させる成分であるが、その含有量が0.1%未満では所望の効果が得られず、一方、0.98%を越えて含有させると、焼結して得られた鉄基焼結合金の摺動特性および靱性が低下するようになるので好ましくない。したがって、C量を0.1～0.98%に定めた。

酸素 :

区画素地の周辺部の高Cu濃度部における酸素を濃化させた鉄基焼結合金は、寸法精度、強度および摺動特性を共に一層向上させるが、その含有量が0.02%未満では高Cu濃度部における酸素を十分に濃化させることができず、一方、0.3%を越えて含有させると、焼結して得られた鉄基焼結合金の強度が低下するようになるので好ましくない。したがって、鉄基焼結合金中に含まれる酸素量を0.

0.2～0.3%に定めた。

また、原料粉末としてCu粉末に代えてFe：1～10%、酸素：0.2～1%を含むCu合金粉末を使用することにより、旧Fe粉末境界近傍のCuおよびOの濃度が区画素地の中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように傾斜して分布して形成される。原料粉末としてのCu合金粉末の成分組成をFe：1～10%にしたのは、Feが1%未満では焼結体の寸法精度向上効果が少ないので好ましくなく、一方、Feを10%を越えて含有すると、圧粉体成形時の圧縮性が低下するので好ましくない理由による。また、酸素：0.2～1%にしたのは酸素が0.2%未満では焼結体の寸法精度向上効果が少ないので好ましくなく、一方、酸素を1%を越えて含有すると、靱性が低下するので好ましくない。

#### 第1態様の実施例

原料粉末として、平均粒径：80 $\mu$ mのアトマイズFe粉末、平均粒径：15 $\mu$ mの黒鉛粉末、並びに表1に示される平均粒径および成分組成を有するCu合金粉末A～U、純Cu粉末およびMnO粉末を用意した。

表 1

| 種別          |   | 成分組成(質量%) |      |      |      |      |      |              |
|-------------|---|-----------|------|------|------|------|------|--------------|
|             |   | Fe        | O    | Mn   | Zn   | Al   | Si   | Cu および不可避不純物 |
| Cu 合金<br>粉末 | A | 1.2       | 0.25 | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | B | 4.1       | 0.36 | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | C | 9.5       | 0.52 | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | D | 5.2       | 0.35 | 0.8  | —    | —    | —    | 残部           |
|             | E | 3.8       | 0.68 | 6.5  | —    | —    | —    | 残部           |
|             | F | 4.5       | 0.94 | 14.3 | —    | —    | —    | 残部           |
|             | G | 2.9       | 0.31 | —    | 9.3  | —    | —    | 残部           |
|             | H | 4.1       | 0.58 | —    | 5.2  | —    | —    | 残部           |
|             | I | 3.7       | 0.67 | —    | 0.25 | —    | —    | 残部           |
|             | J | 3.3       | 0.42 | 1.8  | 1.5  | —    | —    | 残部           |
|             | K | 3.8       | 0.81 | 1.8  | 7.4  | —    | —    | 残部           |
|             | L | 5.2       | 0.88 | 0.58 | 0.84 | —    | —    | 残部           |
|             | M | 4.4       | 0.45 | —    | —    | —    | 0.03 | 残部           |
|             | N | 4.7       | 0.42 | —    | —    | 0.03 | —    | 残部           |
|             | O | 4.1       | 0.77 | —    | —    | 0.93 | 0.94 | 残部           |
|             | P | 4.2       | 0.49 | 1.1  | 3.6  | 0.06 | 0.07 | 残部           |
|             | Q | 3.7       | 0.50 | 7.6  | 2.2  | 0.04 | 0.06 | 残部           |
|             | R | 0.5*      | 0.21 | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | S | 11*       | 0.45 | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | T | 3.8       | 0.1* | —    | —    | —    | —    | 残部           |
|             | U | 6.7       | 1.2* | —    | —    | —    | —    | 残部           |

\*は第 1 態様の範囲から外れていることを示す。

これら原料粉末を表 2～表 3 に示される配合組成となるように配合し、さらに金型成形時の潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末を外掛けで 0.8% に当たる量だけ添加して混合し、成形圧力：600MPa でプレス成形して縦：10mm、横：10mm、長さ：50mm の寸法を有する棒状圧粉成形体を作製し、得られた棒状圧粉成形体を温度：1140℃、20 分保持の条件でエンドサーミックガス雰囲気焼結することにより棒状試験片を作製し、本実施例 A1～A17、比較例 A1～A4 および従来例 A1 を実施した。

本実施例 A1～A17、比較例 A1～A4 および従来法 A1 により作製した棒状試験片の寸法測定を行い、圧粉成形体基準寸法の寸法変化率を求め、その結果を表 2～表 3 に示すことにより寸法精度を評価した。またシャルピー衝撃試験に



よりシャルピー衝撃値を求め、その結果を表 2～表 3 に示した。さらに棒状試験片を機械加工して引張り試験片を作製し、この引張り試験片を用いて引張り強度を測定し、その結果を表 2～表 3 に示した。

さらに、前記棒状試験片を機械加工して得られた縦：5 mm、横：3 mm、長さ：40 mmの寸法を有する摩耗試験片と、外径：45 mm、内径：27 mmを有する S S 3 3 0（一般構造用圧延鋼）製リングを用意した。この摩耗試験片を回転数：1500 rpm、回転速度：3.5 m/秒で回転しているリングに押し付け、押し付け荷重を増加させ、焼き付きが発生した荷重を測定し、その結果を表 2～表 3 に示した。

表 2

| 種別  | 原料粉末の配合<br>組成(質量%) |          |          |      | 鉄基焼結合金部材の<br>成分組成(質量%) |      |       |       |    |    |    | 寸法変化<br>率(%) | シャルピー-衝撃値<br>(J/cm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(MPa) | 焼付き荷<br>重(N) |
|-----|--------------------|----------|----------|------|------------------------|------|-------|-------|----|----|----|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
|     | 表1のCu合<br>金粉末      | 黒鉛<br>粉末 | Fe粉<br>末 | Cu   | C                      | O    | Mn    | Zn    | Al | Si | Fe |              |                                   |               |              |
| A1  | A:6.7              | 1.15     | 残部       | 6.61 | 0.97                   | 0.07 | -     | -     | -  | -  | 残部 | 0.15         | 25                                | 596           | 686          |
| A2  | B:3                | 0.8      | 残部       | 2.86 | 0.93                   | 0.05 | -     | -     | -  | -  | 残部 | 0.05         | 18                                | 620           | 588          |
| A3  | C:5                | 1.1      | 残部       | 4.50 | 0.92                   | 0.11 | -     | -     | -  | -  | 残部 | 0.14         | 22                                | 567           | 686          |
| A4  | D:5                | 1.1      | 残部       | 4.67 | 0.94                   | 0.07 | 0.037 | -     | -  | -  | 残部 | 0.13         | 24                                | 537           | 686          |
| A5  | E:4                | 1.0      | 残部       | 3.54 | 0.89                   | 0.13 | 0.26  | -     | -  | -  | 残部 | 0.12         | 20                                | 603           | 686          |
| A6  | F:7                | 1.0      | 残部       | 5.61 | 0.87                   | 0.28 | 1.00  | -     | -  | -  | 残部 | 0.15         | 25                                | 575           | 980          |
| A7  | G:6                | 1.0      | 残部       | 5.23 | 0.85                   | 0.06 | -     | 0.551 | -  | -  | 残部 | 0.13         | 21                                | 623           | 784          |
| A8  | H:2.5              | 0.8      | 残部       | 2.24 | 0.72                   | 0.04 | -     | 0.130 | -  | -  | 残部 | 0.04         | 17                                | 642           | 588          |
| A9  | I:1.5              | 0.7      | 残部       | 1.41 | 0.60                   | 0.02 | -     | 0.004 | -  | -  | 残部 | 0.03         | 19                                | 562           | 490          |
| A10 | J:2                | 0.7      | 残部       | 1.83 | 0.61                   | 0.03 | 0.036 | 0.028 | -  | -  | 残部 | 0.05         | 22                                | 580           | 588          |
| A11 | K:3                | 0.9      | 残部       | 2.56 | 0.78                   | 0.09 | 0.051 | 0.220 | -  | -  | 残部 | 0.04         | 21                                | 655           | 686          |
| A12 | L:1                | 0.2      | 残部       | 0.93 | 0.18                   | 0.03 | 0.006 | 0.006 | -  | -  | 残部 | 0.13         | 17                                | 573           | 490          |

実施  
例

表 3

| 種別     | 原料粉末の配合組成(質量%) |      |      |  | 鉄基焼結合金部材の成分組成 (質量%) |      |      |       |       |        |        | 寸法変化率 (%) | シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (MPa) | 焼付き荷重 (N) |
|--------|----------------|------|------|--|---------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|-----------|-------------------------------|------------|-----------|
|        | 表1のCu合金粉末      | 黒鉛粉末 | Fe粉末 |  | Cu                  | C    | O    | Mn    | Zn    | Al     | Si     | Fe        |                               |            |           |
| 実施例    | A13 M : 3 . 5  | 0.9  | 残部   |  | 2.83                | 0.79 | 0.07 | —     | —     | —      | 0.0011 | 残部        | 18                            | 623        | 588       |
|        | A14 N : 3.5    | 0.8  | 残部   |  | 2.84                | 0.70 | 0.05 | —     | —     | 0.0012 | —      | 残部        | 18                            | 610        | 588       |
|        | A15 O : 6.5    | 1.1  | 残部   |  | 6.03                | 0.9  | 0.21 | —     | —     | 0.060  | 0.060  | 残部        | 25                            | 629        | 980       |
|        | A16 P : 3      | 0.8  | 残部   |  | 2.68                | 0.71 | 0.05 | 0.632 | 0.103 | 0.0015 | 0.0021 | 残部        | 21                            | 628        | 784       |
|        | A17 Q : 3      | 0.9  | 残部   |  | 2.58                | 0.78 | 0.06 | 0.227 | 0.050 | 0.0011 | 0.0015 | 残部        | 19                            | 644        | 882       |
| 比較例    | A1 R : 3       | 0.9  | 残部   |  | 2.94                | 0.77 | 0.02 | —     | —     | —      | —      | 残部        | 12                            | 394        | 196       |
|        | A2 S : 3       | 0.9  | 残部   |  | 2.98                | 0.80 | 0.05 | —     | —     | —      | —      | 残部        | 9                             | 421        | 294       |
|        | A3 T : 3       | 0.9  | 残部   |  | 2.65                | 0.78 | 0.01 | —     | —     | —      | —      | 残部        | 13                            | 410        | 196       |
|        | A4 U : 3       | 0.9  | 残部   |  | 2.83                | 0.77 | 0.13 | —     | —     | —      | —      | 残部        | 8                             | 346        | 686       |
| 従来例 A1 | 純 Cu:3MnO:0.1  | 0.9  | 残部   |  | 2.98                | 0.80 | 0.03 | —     | —     | —      | —      | 残部        | 7                             | 375        | 196       |

表2～表3に示される結果から、本実施例A1～A17と従来例A1を比較すると、本実施例A1～A17で作製した試験片は従来例A1で作製した試験片と比べて寸法変化率が小さいところから寸法精度が優れ、シャルピー衝撃値および引張り強度が高く、さらにリングの摩耗量が少ないところから摺動性に優れていることが分かる。しかし、第1態様の範囲から外れている成分組成を有するCu粉末を用いる比較例A1～A4は、寸法精度、シャルピー衝撃値、引張り強度、摩耗量のうちの少なくともいずれかが劣ることが分かる。

### 第2態様の実施例

原料粉末として、平均粒径：80 $\mu$ mのアトマイズFe粉末、平均粒径：15 $\mu$ mの黒鉛粉末、並びに表4に示される平均粒径および成分組成を有するCu合金粉末A～R、Cu粉末およびMnO粉末を用意した。

表4

| 種別          | 成分組成(質量%) |     |      |      |      |      |              |
|-------------|-----------|-----|------|------|------|------|--------------|
|             | Fe        | O   | Mn   | Zn   | Al   | Si   | Cu および不可避不純物 |
| Cu 合金<br>粉末 | A         | 1.2 | 0.25 | —    | —    | —    | 残部           |
|             | B         | 4.1 | 0.36 | —    | —    | —    | 残部           |
|             | C         | 9.5 | 0.52 | —    | —    | —    | 残部           |
|             | D         | 5.2 | 0.35 | 0.8  | —    | —    | 残部           |
|             | E         | 3.8 | 0.68 | 6.5  | —    | —    | 残部           |
|             | F         | 4.5 | 0.94 | 14.3 | —    | —    | 残部           |
|             | G         | 2.9 | 0.31 | —    | 9.3  | —    | 残部           |
|             | H         | 4.1 | 0.58 | —    | 5.2  | —    | 残部           |
|             | I         | 3.7 | 0.67 | —    | 0.25 | —    | 残部           |
|             | J         | 3.3 | 0.42 | 1.8  | 1.5  | —    | 残部           |
|             | K         | 3.8 | 0.81 | 1.8  | 7.4  | —    | 残部           |
|             | L         | 5.2 | 0.88 | 0.58 | 0.84 | —    | 残部           |
|             | M         | 4.4 | 0.45 | —    | —    | —    | 0.03 残部      |
|             | N         | 4.7 | 0.42 | —    | —    | 0.03 | — 残部         |
|             | O         | 4.1 | 0.77 | —    | —    | 0.93 | 0.94 残部      |
|             | P         | 4.2 | 0.49 | 1.1  | 3.6  | 0.06 | 0.07 残部      |
|             | Q         | 3.8 | 0.98 | —    | —    | —    | — 残部         |
|             | R         | 4.2 | 0.13 | —    | —    | —    | — 残部         |

これら原料粉末を表5～表6に示される配合組成となるように配合し、さらに金型成形時の潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末を外掛けで0.8%に当たる量だけ添加して混合し、成形圧力：600MPaでプレス成形して縦：10mm、横：10mm、長さ：50mmの寸法を有する棒状圧粉成形体を作製し、得られた棒状圧粉成形体を温度：1140℃、20分保持の条件でエンドサーミックガス雰囲気焼結することにより表5～表6に示される成分組成の本発明オイルポンプローターを構成する鉄基焼結合金からなる棒状試験片（以下、実施例という）B1～B16、比較オイルポンプローターを構成する鉄基焼結合金からなる棒状試験片（以下、比較例という）B1～B6および従来オイルポンプローターを構成する鉄基焼結合金からなる棒状試験片（以下、従来例という）B1を作製した。

実施例B1～B16、比較例B1～B6および従来例B1について、EPMAにより、素地におけるCuおよびOの濃度分布を観察し、その結果を表5～表6に示した。

実施例B1～B16、比較例B1～B6および従来例B1の寸法測定を行い、圧粉成形体基準寸法の寸法変化率を求め、その結果を表7に示すことにより寸法精度を評価した。

シャルピー衝撃試験によりシャルピー衝撃値を求め、その結果を表7に示した。実施例B1～B16、比較例B1～B6および従来例B1をそれぞれ機械加工して引張り試験片を作製し、この引張り試験片を用いて引張り強度を測定し、その結果を表7に示した。

実施例B1～B16、比較例B1～B6および従来例B1をそれぞれ機械加工して得られた縦：5mm、横：3mm、長さ：40mmの寸法を有する摩耗試験片と、外径：45mm、内径：27mmを有するSS330（一般構造用圧延鋼）製リングを用意した。この摩耗試験片を回転数：1500rpm、回転速度：3.5m/秒で回転しているリングに押し付け、押し付け荷重を増加させ、焼き付きが発生した荷重を測定し、その結果を表7に示した。

表 5

| 試験片   | 原料粉末の配合組成<br>(質量%) |          |      | 成分組成(質量%) |      |      |       |       |    |    | 組織 |
|-------|--------------------|----------|------|-----------|------|------|-------|-------|----|----|----|
|       | 表4の<br>Cu合金<br>粉末  | 黒鉛<br>粉末 | Fe粉末 | Cu        | C    | O    | Mn    | Zn    | Al | Si | Fe |
| 実 施 例 | B1 A:6.7           | 1.15     | 残部   | 6.61      | 0.97 | 0.07 | —     | —     | —  | —  | Fe |
|       | B2 B:3             | 0.8      | 残部   | 2.86      | 0.93 | 0.05 | —     | —     | —  | —  | 残部 |
|       | B3 C:5             | 1.1      | 残部   | 4.50      | 0.92 | 0.11 | —     | —     | —  | —  | 残部 |
|       | B4 D:5             | 1.1      | 残部   | 4.67      | 0.94 | 0.07 | 0.037 | —     | —  | —  | 残部 |
|       | B5 E:4             | 1.0      | 残部   | 3.54      | 0.89 | 0.13 | 0.26  | —     | —  | —  | 残部 |
|       | B6 F:7             | 1.0      | 残部   | 5.61      | 0.87 | 0.28 | 1.00  | —     | —  | —  | 残部 |
|       | B7 G:6             | 1.0      | 残部   | 5.23      | 0.85 | 0.06 | —     | 0.551 | —  | —  | 残部 |
|       | B8 H:2.5           | 0.8      | 残部   | 2.24      | 0.72 | 0.04 | —     | 0.130 | —  | —  | 残部 |
|       | B9 I:1.5           | 0.7      | 残部   | 1.41      | 0.60 | 0.02 | —     | 0.004 | —  | —  | 残部 |
|       | B10 J:2            | 0.7      | 残部   | 1.83      | 0.61 | 0.03 | 0.036 | 0.028 | —  | —  | 残部 |
|       | B11 K:3            | 0.9      | 残部   | 2.56      | 0.78 | 0.09 | 0.051 | 0.220 | —  | —  | 残部 |
|       | B12 L:1            | 0.2      | 残部   | 0.93      | 0.18 | 0.03 | 0.006 | 0.006 | —  | —  | 残部 |

旧 Fe 粉末境界近傍の  
Cu と O の濃度が  
中央部の Cu と O の  
濃度よりも高い

表 6

| 試験片         | 原料粉末の配合組成<br>(質量%)   |                  | 成分組成(質量%) |       |       |       |       |       |        |        | 組織 |
|-------------|----------------------|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----|
|             | 表 4 の<br>Cu 合金<br>粉末 | 黒<br>鉛<br>粉<br>末 | Fe 粉末     | Cu    | C     | O     | Mn    | Zn    | Al     | Si     | Fe |
| 実<br>施<br>例 | B13 M:3.5            | 0.9              | 残部        | 2.83  | 0.79  | 0.07  | —     | —     | —      | 0.0011 | 残部 |
|             | B14 N:3.5            | 0.8              | 残部        | 2.84  | 0.70  | 0.05  | —     | —     | 0.0012 | —      | 残部 |
|             | B15 O:6.5            | 1.1              | 残部        | 6.03  | 0.90  | 0.21  | —     | —     | 0.060  | 0.060  | 残部 |
|             | B16 P:3              | 0.8              | 残部        | 2.68  | 0.71  | 0.05  | 0.632 | 0.103 | 0.0015 | 0.0021 | 残部 |
| 比<br>較<br>例 | B1 B:7.5             | 0.9              | 残部        | 7.25* | 0.77  | 0.02  | —     | —     | —      | —      | 残部 |
|             | B2 B:0.4             | 0.9              | 残部        | 0.33* | 0.80  | 0.05  | —     | —     | —      | —      | 残部 |
|             | B3 B:3               | 1.2              | 残部        | 2.65  | 1.01* | 0.02  | —     | —     | —      | —      | 残部 |
|             | B4 B:3               | 0.1              | 残部        | 2.83  | 0.06* | 0.13  | —     | —     | —      | —      | 残部 |
|             | B5 Q:3               | 0.9              | 残部        | 2.85  | 0.82  | 0.4*  | —     | —     | —      | —      | 残部 |
|             | B6 R:3               | 0.9              | 残部        | 2.85  | 0.81  | 0.01* | —     | —     | —      | —      | 残部 |
| 従<br>来<br>例 | 純 Cu:3<br>MnO:0.1    | 0.9              | 残部        | 2.98  | 0.03  | 0.03  | 0.027 | —     | —      | —      | 残部 |

旧 Fe 粉末境界近傍の  
Cu と O の濃度が  
中央部の Cu と O の  
濃度よりも高い

素地中に MnO 粒子  
が分散

\*は第2態様の範囲から外れていることを示す。

表 7

| 試験片    |     | 寸法変化率<br>(%) | シャルピー-衝撃値<br>(J/cm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(MPa) | 焼付き荷重<br>(N) |
|--------|-----|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
| 実施例    | B1  | 0.15         | 25                                | 596           | 686          |
|        | B2  | 0.05         | 18                                | 620           | 588          |
|        | B3  | 0.14         | 22                                | 567           | 686          |
|        | B4  | 0.13         | 24                                | 537           | 686          |
|        | B5  | 0.12         | 20                                | 603           | 686          |
|        | B6  | 0.15         | 25                                | 575           | 980          |
|        | B7  | 0.13         | 21                                | 623           | 784          |
|        | B8  | 0.04         | 17                                | 642           | 588          |
|        | B9  | 0.03         | 19                                | 562           | 490          |
|        | B10 | 0.05         | 22                                | 580           | 588          |
|        | B11 | 0.04         | 21                                | 655           | 686          |
|        | B12 | 0.13         | 17                                | 573           | 490          |
|        | B13 | 0.06         | 18                                | 623           | 588          |
|        | B14 | 0.07         | 18                                | 610           | 588          |
|        | B15 | 0.14         | 25                                | 629           | 980          |
|        | B16 | 0.06         | 21                                | 628           | 784          |
| 比較例    | B1  | 0.42         | 10                                | 431           | 294          |
|        | B2  | 0.10         | 7                                 | 238           | 196          |
|        | B3  | 0.28         | 5                                 | 351           | 294          |
|        | B4  | 0.38         | 10                                | 225           | 196          |
|        | B5  | 0.19         | 8                                 | 251           | 294          |
|        | B6  | 0.22         | 12                                | 450           | 196          |
| 従来例 B1 |     | 0.36         | 7                                 | 375           | 196          |

表 5～表 7 に示される結果から、実施例 B 1～B 16 と従来例 B 1 を比較すると、実施例 B 1～B 16 は従来例 B 1 と比べて寸法変化率が小さいところから寸法精度が優れ、シャルピー衝撃値および引張り強度が高く、さらにリングの摩耗量が少ないところから摺動性に優れていることが分かる。

しかし、本発明の第 2 態様の範囲から外れている成分組成を有する比較例 B 1～B 6 は、寸法精度、シャルピー衝撃値、引張り強度、摩耗量のうちの少なくともいずれかが劣ることが分かる。したがって、実施例 B 1～B 16 と同じ成分組成を有する鉄基焼結合金で構成されたオイルポンプローターは従来の鉄基焼結合金で構成されたオイルポンプローターに比べて寸法精度、強度および摺動性に一層優れていることがわかる。



## 第3態様の実施例

原料粉末として、平均粒径：80  $\mu\text{m}$ のアトマイズFe粉末、平均粒径：15  $\mu\text{m}$ の黒鉛粉末、並びに表8に示される平均粒径および成分組成を有するCu合金粉末A～L、Cu粉末およびMnO粉末を用意した。

表8

| 種別      |   | 成分組成（質量％） |      |              |
|---------|---|-----------|------|--------------|
|         |   | Fe        | O    | Cu および不可避不純物 |
| Cu 合金粉末 | A | 1.2       | 0.25 | 残部           |
|         | B | 4.1       | 0.36 | 残部           |
|         | C | 9.5       | 0.52 | 残部           |
|         | D | 5.2       | 0.35 | 残部           |
|         | E | 3.8       | 0.68 | 残部           |
|         | F | 8.5       | 0.94 | 残部           |
|         | G | 2.9       | 0.31 | 残部           |
|         | H | 4.6       | 0.58 | 残部           |
|         | I | 7.7       | 0.67 | 残部           |
|         | J | 6.3       | 0.42 | 残部           |
|         | K | 3.8       | 0.98 | 残部           |
|         | L | 4.2       | 0.13 | 残部           |

これら原料粉末を表9に示される配合組成となるように配合し、さらに金型成形時の潤滑剤であるステアリン酸亜鉛粉末を外掛けで0.8％に当たる量だけ添加して混合し、成形圧力：600MPaでプレス成形して縦：10mm、横：10mm、長さ：50mmの寸法を有する棒状圧粉成形体を作製し、得られた棒状圧粉成形体を温度：1140℃、20分保持の条件でエンドサーミックガス雰囲気焼結することにより表9～11に示される成分組成の実施例C1～C10からなる棒状試験片、比較例C1～C6からなる棒状試験片および従来鉄基焼結合金からなる棒状試験片（従来例C1）を作製した。

実施例C1～C10、比較例C1～C6および従来例C1についてEPMAにより素地組織におけるCuおよびOの濃度分布を観察し、その結果を表9～11に示した。これら棒状試験片の寸法測定を行い、圧粉成形体基準寸法の寸法変化率を求め、その結果を表11に示すことにより寸法精度を評価した。またシャルピ

一衝撃試験によりシャルピー衝撃値を求め、その結果を表 11 に示した。さらに実施例 C 1 ～ C 10、比較例 C 1 ～ C 6 および従来例 C 1 をそれぞれ機械加工して引張り試験片を作製し、この引張り試験片を用いて引張り強度を測定し、その結果を表 11 に示した。

さらに、実施例 C 1 ～ C 10、比較例 C 1 ～ C 6 および従来例 C 1 をそれぞれ機械加工して得られた縦：5 mm、横：10 mm、長さ：45 mm の寸法を有する摩耗試験片と、外径：40 mm、内径：27 mm を有する SCM 420 製リングを用意し、これら摩耗試験片とリングを用いて下記の摩耗試験を行ない、その結果を表 11 に示すことにより摺動特性を評価した。

#### 摩耗試験 1

摩耗試験片を回転速度：3 m/秒で回転しているリングに押し付け、押し付け荷重を増加させ、焼き付きが発生した荷重（焼き付き荷重）を測定し、その結果を表 11 に示して摺動特性を評価した。

#### 摩耗試験 2

摩耗試験片を回転速度：3 m/秒で回転しているリングに 20 kgf の荷重で押し付け、押し付け方向と水平方向に歪ゲージを設置し、歪ゲージから換算した荷重を上記押し付け荷重（20 kgf）で除することにより摩擦係数を測定し、その結果を表 11 に示して摺動特性を評価した。



表 10

| 鉄基焼結合金 | 原料粉末の配合組成(質量%)    |       |       |    | 成分組成(質量%) |       |       |       | 組織 |
|--------|-------------------|-------|-------|----|-----------|-------|-------|-------|----|
|        | 表 8 の<br>Cu 合金粉末  | 黒鉛粉末  | Fe 粉末 | Cu | C         | O     | Mn    | Fe    |    |
| 比較例    | C1                | K:11  | 0.8   | 残部 | 9.8       | 0.71  | 0.31* | —     | 残部 |
|        | C2                | L:0.6 | 0.8   | 残部 | 0.6       | 0.72  | 0.01* | —     | 残部 |
|        | C3                | B:3   | 0.1   | 残部 | 2.9       | 0.06* | 0.05  | —     | 残部 |
|        | C4                | B:3   | 1.2   | 残部 | 2.8       | 1.10* | 0.05  | —     | 残部 |
|        | C5                | B:12  | 0.8   | 残部 | 11.5*     | 0.70  | 0.12  | —     | 残部 |
|        | C6                | B:0.4 | 0.8   | 残部 | 0.4*      | 0.71  | 0.03  | —     | 残部 |
| 従来例 C1 | 純 Cu:3<br>MnO:0.1 |       | 0.8   | 残部 | 2.9       | 0.72  | 0.03  | 0.027 | 残部 |

\*はこの発明の範囲から外れていることを示す。

旧 Fe 粉末境界近傍の  
Cu と O の濃度が  
中央部の Cu と O の濃度  
よりも高い  
区画素地の集合体

素地中に  
MnO 粒子が分散

表 1 1

| 鉄基焼結合金 |     | 寸法変化率<br>(%) | シャルピー衝撃値<br>(J/cm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(MPa) | 焼付き<br>荷重(N) | 摩擦<br>係数 |
|--------|-----|--------------|----------------------------------|---------------|--------------|----------|
| 実施例    | C1  | 0.01         | 25                               | 596           | 686          | 0.17     |
|        | C2  | 0.01         | 18                               | 620           | 588          | 0.15     |
|        | C3  | 0.05         | 22                               | 567           | 686          | 0.12     |
|        | C4  | 0.10         | 20                               | 663           | 725          | 0.11     |
|        | C5  | 0.14         | 19                               | 642           | 993          | 0.08     |
|        | C6  | 0.16         | 17                               | 695           | 594          | 0.04     |
|        | C7  | 0.12         | 24                               | 563           | 630          | 0.15     |
|        | C8  | 0.08         | 26                               | 572           | 705          | 0.12     |
|        | C9  | 0.07         | 24                               | 645           | 685          | 0.11     |
|        | C10 | 0.03         | 23                               | 623           | 673          | 0.13     |
| 比較例    | C1  | 0.42         | 4                                | 431           | 553          | 0.29     |
|        | C2  | 0.10         | 10                               | 238           | 200          | 0.32     |
|        | C3  | 0.18         | 9                                | 351           | 215          | 0.24     |
|        | C4  | 0.13         | 8                                | 225           | 235          | 0.26     |
|        | C5  | 0.55         | 5                                | 405           | 264          | 0.21     |
|        | C6  | 0.12         | 10                               | 380           | 245          | 0.31     |
| 従来例 C1 |     | 0.36         | 7                                | 375           | 180          | 0.33     |

表 9～表 1 1 に示される結果から、実施例 C 1～C 1 0 からなる棒状試験片と従来例 C 1 を比較すると、実施例 C 1～C 1 0 からなる棒状試験片は従来例 C 1 と比べて寸法変化率が小さいところから寸法精度が優れ、シャルピー衝撃値および引張り強度が高く、さらに焼付き荷重が大きいところから焼付きし難い合金であり、さらに摩擦係数が格段に小さいところから摺動特性に優れていることが分かる。

しかし、第 3 態様の範囲から外れている成分組成を有する比較例 C 1～C 6 からなる棒状試験片は、寸法精度、シャルピー衝撃値、引張り強度、耐焼付き性および摩擦係数の少なくともいずれか 1 つが劣ることが分かる。

#### 産業上の利用の可能性

本発明の鉄基焼結合金、鉄基焼結合金部材、およびオイルポンプローターは、寸法精度、強度および摺動特性に一層優れており、機械産業の発展に大いに貢献し得るものである。

## 請求の範囲

1. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することにより、質量%で（以下、%は質量%を示す）Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末は、Fe：1～10%、酸素：0.2～1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

2. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Mn：0.5～15%のうちの1種または2種を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

3. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Zn：0.001～0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

4. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%およびZn：0.001～0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合

金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

5. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

6. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Mn：0.5～15%のうちの1種または2種を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

7. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Zn：0.001～0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFe

および不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

8. 原料粉末としてFe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を配合し、混合し、成形し、焼結することによりCu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%およびZn：0.001～0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001～0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成を有する鉄基焼結合金部材を製造する方法であって、

前記Cu合金粉末はFe：1～10%、酸素：0.2～1%、Zn：0.2～10%およびMn：0.5～15%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.01～2%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成を有する。

9. 請求項1～8のいずれかに記載の鉄基焼結合金部材の製造方法であって、前記Fe粉末と黒鉛粉末とCu合金粉末を、黒鉛粉末：0.1～1.2%、Cu合金粉末：1～7%、残部：Fe粉末となる割合で配合する。

10. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、質量%で（以下、%は質量%を示す）、Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

11. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu：0.5～7%、C：0.1～0.98%、酸素：0.02～0.3%、Mn：0.0025～1.05%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成さ



れている。

12. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Zn: 0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

13. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05%およびZn: 0.001~0.7%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

14. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

15. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

16. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Zn: 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

17. 鉄基焼結合金製オイルポンプローターであって、Cu: 0.5~7%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%、Mn: 0.0025~1.05% およびZn: 0.001~0.7%を含有し、さらにAlおよびSiのうちの1種または2種を合計で0.001~0.14%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成の鉄基焼結合金で構成されている。

18. 請求項10~17のいずれかに記載のオイルポンプローターであって、

前記鉄基焼結合金は、原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたFeを主成分とし、かつCuおよびOを含有する区画素地が集合して素地を形成し、前記旧Fe粉末境界により区画された区画素地は、前記旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度が区画素地中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように濃度分布した組織を有する。

19. 鉄基焼結合金であって、質量%でCu: 0.5~10%、C: 0.1~0.98%、酸素: 0.02~0.3%を含有し、残りがFeおよび不可避不純物からなる組成、並びに原料粉末であるFe粉末が焼結されて生成した旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地の集合体からなる組織を有し、

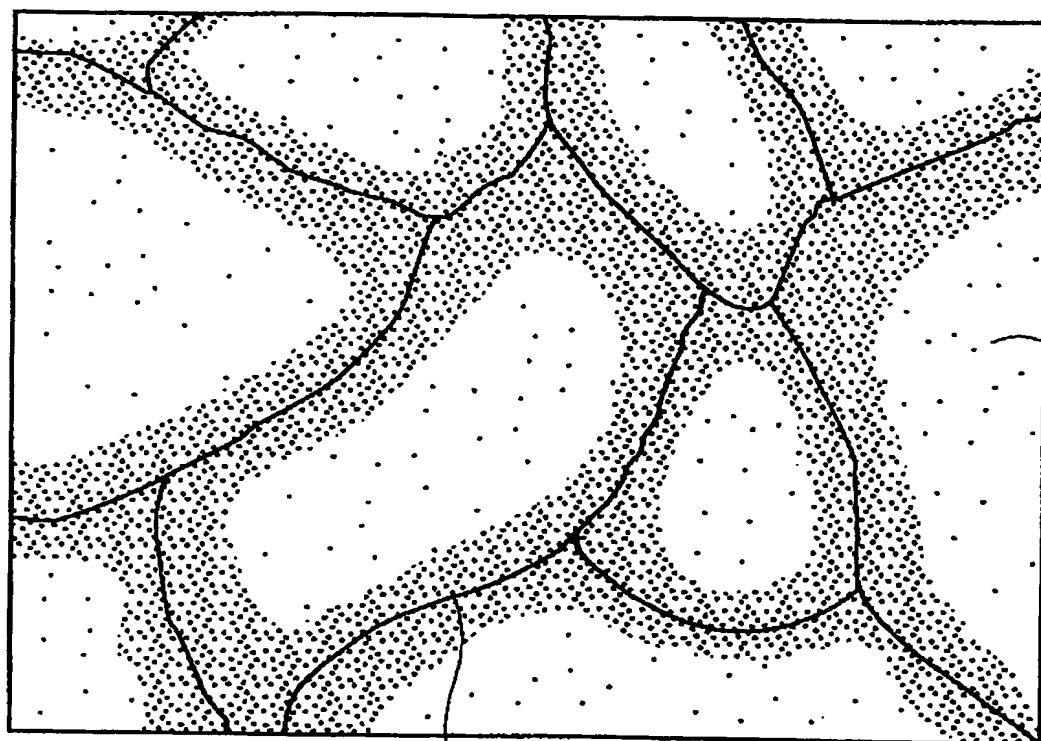
前記旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地は、旧Fe粉末境界近傍におけるCuおよびOの濃度が区画素地中央部におけるCuおよびOの濃度よりも大きくなるように傾斜した濃度分布を有する。

20. 請求項19記載の鉄基焼結合金であって、前記旧Fe粉末境界により区画されたC、CuおよびOを含有するFe基合金からなる区画素地は、CuおよびOの濃度が旧Fe粉末境界において最大であり、CuおよびOの濃度は区画素地中央に向かって減少し、区画素地中央において最小となるように傾斜した濃度分布を有する。

21. 請求項19または20記載の鉄基焼結合金の製造方法であって、Fe粉末、黒鉛粉末、並びにFe：1～10%、酸素：0.2～1%を含有し、残部がCuおよび不可避不純物からなる組成のCu合金粉末を配合し、混合し、プレス成形して圧粉体を作製し、この圧粉体を窒素を含む水素雰囲気中、温度：1090～1300℃で焼結する。

FIG. 1

EPMAによるCuおよびOの濃度分布  
(  
点が密集している所ほど  
CuおよびOの濃度が高いことを示す)



区画素地

旧Fe粉末境界

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13379

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C22C33/02, 9/00, 9/04, 38/00, B22F1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C22C33/02, 9/00, 9/04, 38/00, B22F1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| E, X      | JP 2003-328011 A (Mitsubishi Materials Corp.),<br>19 November, 2003 (19.11.03),<br>Claims<br>(Family: none) | 1-9, 21               |
| E, X      | JP 2004-2939 A (Mitsubishi Materials Corp.),<br>08 January, 2004 (08.01.04),<br>Claims<br>(Family: none)    | 10-20                 |
| A         | JP 53-146204 A (Riken Piston Ring Co., Ltd.),<br>20 December, 1978 (20.12.78),<br>(Family: none)            | 1-21                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
14 January, 2004 (14.01.04)

Date of mailing of the international search report  
27 January, 2004 (27.01.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13379

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                      | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | JP 53-128513 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),<br>09 November, 1978 (09.11.78),<br>(Family: none) | 1-21                  |
| A         | JP 5-43907 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.),<br>23 February, 1993 (23.02.93),<br>(Family: none)      | 1-21                  |
| A         | JP 2002-294388 A (Kawasaki Steel Corp.),<br>09 October, 2002 (09.10.02),<br>(Family: none)              | 1-21                  |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C22C33/02, 9/00, 9/04, 38/00, B22F 1/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C22C33/02, 9/00, 9/04, 38/00, B22F 1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                 | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| EX              | JP 2003-328011 A (三菱マテリアル株式会社)<br>2003. 11. 19, 特許請求の範囲 (ファミリーなし) | 1-9, 21          |
| EX              | JP 2004-2939 A (三菱マテリアル株式会社)<br>2004. 01. 08, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)   | 10-20            |
| A               | JP 53-146204 A (理研ピストンリング工業株式会<br>社) 1978. 12. 20 (ファミリーなし)       | 1-21             |
| A               | JP 53-128513 A (住友電気工業株式会社)<br>1978. 11. 09 (ファミリーなし)             | 1-21             |
| A               | JP 5-43907 A (住友金属鉱山株式会社)<br>1993. 02. 23 (ファミリーなし)               | 1-21             |

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 01. 04

国際調査報告の発送日

27. 1. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 猛

4K

9269

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

## C (続き) . 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                       | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | J P 2 0 0 2 - 2 9 4 3 8 8 A (川崎製鉄株式会社)<br>2 0 0 2 . 1 0 . 0 9 (ファミリーなし) | 1 - 2 1          |